

汚れ検出とにおい検出を用いた トイレの汚れ具合可視化システム

酒井 郁貴¹ 濱川 礼²

概要：本研究ではトイレ内の汚れとにおいを検出し、ユーザーにトイレの汚れ具合を示すシステムについて述べる。トイレは他人の家で清潔でない一番気になる場所である。そのトイレが汚れていたり臭いと人に対して悪い印象を与えてしまう。トイレの汚れには目に見える水垢汚れと、目には見えない尿汚れがある。特に、尿汚れは放置してしまうと尿石となって固まり汚れを落とすことが難しくなってしまう。トイレのにおいの原因としては人の排泄物に含まれるアンモニアや硫化水素である。しかし、毎日使う自宅のトイレでは嗅覚疲労を起こしてしまい自分では臭いと気づかなくなってしまう。そこで本研究では紫外線ライトと紫外線透過フィルターを用いて撮影を行った画像の画素頻度から汚れを検出し、ガスセンサを用いてトイレがどれだけにおうか測定することで、ユーザーにトイレがどれだけ臭く汚れているのか示すシステムについて述べる。

Dirty condition visualization system of toilet using dirt detection and smell detection

FUMIKI SAKAI¹ REI HAMAKAWA²

Abstract: In this paper, we will describe the system which shows dirt and smell inside the toilet and shows the user's dirty condition of the toilet. The toilet is the place you most care about if it is not clean at other's house. The toilet is dirty or smelly And gives a bad impression to people. Dirt in the toilet has visible stain dirt and visible urine smears in the eyes. Especially, if you let urine soil leave it will become urine stone and it will become difficult to get rid of dirt. The cause of the smell of the toilet is ammonia or hydrogen sulfide contained in human excrement. However, in the toilet used at home every day, it causes olfactory fatigue and becomes unnoticed as a smell oneself. Therefore, in this study, we detect dirt from the pixel frequency of images photographed using ultraviolet light and ultraviolet ray transmission filter and measure how much the toilet is using the gas sensor, so how dirty the toilet smells to the user. We will describe the system which shows whether it is.

1. はじめに

清潔感のあるトイレは人に良い印象を与えることができる。2014年に大王製紙株式会社が既婚女性310名を対象にした「トイレ掃除に関する実態調査」[1]の中で「他人の家の中でついチェックしてしまう場所(汚いと気になる場所)は？」という質問で約75%がトイレと回答した。同

調査内で「他人の家のトイレで気になることは？」という複数回答ありの質問に対しては、1位が96.5%でトイレの清潔さ、2位が81%でにおい・空間の香りと回答した。オフィストイレに関する調査の中で、株式会社カウネットが2016年に全国の有識者493名を対象に行った、「トイレ使用」に関するモニター調査[2]の中で「外出先のトイレで、衛生面・汚れが気になったことがあるか？」という項目では86%の人が気になったことがあると回答した。更に同調査内で「トイレは会社の顔(トイレを見るとその会社がわかる)」といわれることについてどう思うかという項目では89%がそう思うと回答した。また、2013年に株式会

¹ 中京大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Chukyo University

² 中京大学 工学部
School of Engineering Chukyo University

社 TOTO が飲食店トイレについての意識調査 [3] を行った結果、79 % の人がきれいなトイレだとお店のイメージが良くなると回答した。このように、他人の家や他社のトイレの「清潔さ」や「におい」についてほとんどの人が気にしており、トイレがきれいだと他人に良い印象を与えることができる。一方、マイボイスコム株式会社が 11448 人に対して行った自宅のトイレを掃除する頻度というアンケート [4] では 1 位は約 23 % で週 1 回であった。その中でもトイレの掃除のタイミングとしては「汚れに気づいたら、そのつど掃除する」という回答が最も多く 62 % を占めていた。他人や他社に対して悪い印象を与えないためには汚れやにおいが付く前にトイレを掃除する必要がある。

そこで、本研究ではトイレの汚れとにおいに着目した。トイレの汚れには大きくわけて 2 つある。トイレの水たまり部分に付きやすい水垢汚れと、トイレ全体につく尿汚れである。水垢汚れはカビや微生物等の微生物が主な原因であり、黒く変色し目で見ることができる。尿汚れは尿に含まれる尿素が原因でトイレに付着し、紫外線ライトを用いなければ人間の目では見ることができない。

トイレのにおいの原因としては、人の排泄物である尿や便に含まれるアンモニアや硫化水素が主な臭気物質として上げられる。これらの臭気物質は規制基準が設定されている特定悪臭物質 [5] であり、低濃度でも人が検知できるものである。しかし、毎日使う自宅のトイレでは嗅覚疲労 [6] を起こしてしまい、においに変化していても気づくことができない。2012 年には汚れを付にくくする機能を搭載した温水便座が発売され、2015 年には消臭機能を搭載したものが [7] に発売された。2015 年時点での普及率 [8] は 75 % であり、2017 年での普及率は 79 % と伸びているが、両方の機能を搭載したトイレは少ないと言える。

本論文では、紫外線ライトと紫外線透過・可視光吸収光学フィルターを用いて撮影を行った画像の画素頻度からトイレの汚れを検出し、ガスセンサを用いて人間では気づかないトイレのにおいの変化を検出することでユーザーにトイレがどれだけ臭く汚れているのかを示すシステムを提案する (図 1)。

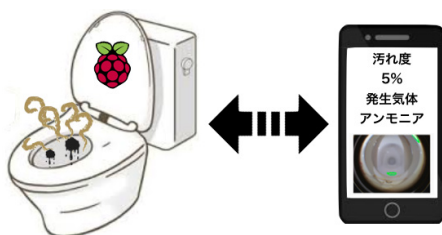


図 1 システムイメージ

2. 関連研究

2.1 汚れを検出することを目的とした研究

窓ガラスの見える汚れを検出する研究として香月らの研究 [9] がある。これは、窓ガラスに付着している汚れの有無によってガラスを透過する光量が違うことに着目し、汚れの検出を行っている。また、見えない汚れを検出する研究として伊藤らの研究 [10] では、布製品に付着した人間の目視では検出することが難しいシミや汚れを白色ライトと紫外線ライトを光源として撮影した 2 種類の画像から汚れを鮮鋭化し、汚れの検出の補助を目的としている。見える汚れと、見えない汚れのどちらも検出している研究はなく、どちらか 1 つに対応しているものしかない。そこで、本研究では、水垢汚れと尿汚れの 2 つの汚れを同時に検出することを目指す。

2.2 身の回りのにおいを検出することを目的とした研究

身の回りのにおいを検出することを目的とした研究として玉城らの研究 [12] では、嗅覚疲労によって自分自身では気づかない体臭を測定するウェアラブルデバイスの提案を行っている。この研究では、ガスセンサと加速度ジャイロセンサを用いて体臭を測定し、リアルタイムにユーザーに体臭の強さを示す。また、水川らの研究 [13] では、おむつ交換時期を自動で通知する装置の開発を行っている。人の排泄物に含まれる悪臭物質をガスセンサを用いて検出し、交換時期を自動で示す。このように、ガスセンサを用いることで自分では気づかないにおいの変化や悪臭を検出することが可能だとわかっている。本研究ではガスセンサを用いることで、人間では気づけないトイレのにおいの変化を検出することができると考えた。

2.3 関連研究・関連システムとの関連

身の回りの汚れを検出する研究や人間が気づかないにおいの変化を検出する研究は行われているが、汚れとにおいの関連から掃除を支援するシステムは無い。我々は前研究としてトイレの尿汚れを検出し見えない汚れの可視化 [11] を行っている。しかし、トイレには水垢汚れもあり、この手法では水垢汚れまでは検出することはできない。そこで、本研究では白色ライトを用いず、紫外線ライトと紫外線透過・可視光吸収光学フィルターを用いてトイレの水垢汚れと尿汚れの検出を行い、ガスセンサを用いてにおいを検出し、ユーザーに汚れ具合を示すことによってトイレの清潔さとおいを保つシステムを目標とする。

3. 汚れ検出

具体的な汚れ検出手法について述べる。本研究では紫外線ライトと紫外線透過・可視光吸収フィルターを用いて水

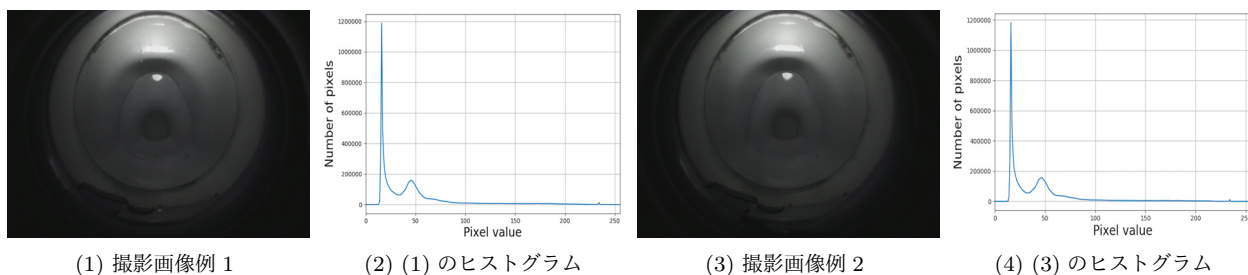


図 2 汚れ検出の流れ

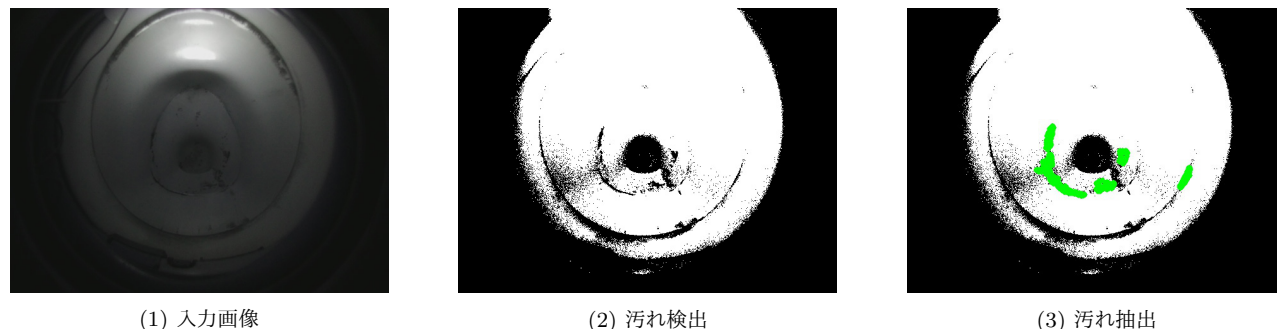


図 3 汚れ検出の流れ

垢汚れと尿汚れ 2 つの汚れの検出を行う。紫外線ライトと紫外線透過・可視光吸収フィルターを用いて撮影したトイレ画像にはヒストグラムに共通点がある。図 2 に撮影した画像とヒストグラムの例を示す。図 2 に示した画像のヒストグラム (2), (4) を見るとどちらも、2 つの山を持っている。今回撮影したトイレの画像、計 60 枚の全てが 2 つの山を持っていた。2 つの山のうち 1 つ目の大きく突出している山は、トイレ外の背景部分を示している。もう 1 つの山は、トイレ内を検出している。汚れは、トイレ内よりも背景色に近い画素値のためそこに汚れがあると考えた。図 3 に汚れ検出の流れを示す。図 3 (1) の入力画像に対してヒストグラムを算出する。算出したヒストグラムを図 3 に示す。

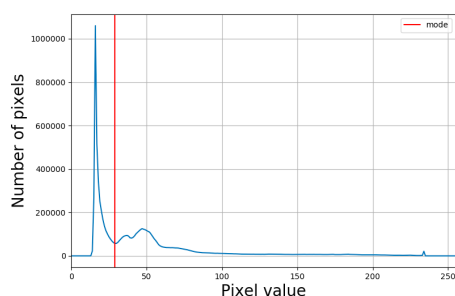


図 4 図 3 (1) のヒストグラム

図 4 のヒストグラムをモード法を用いて 2 つの山に分別して、谷を見つける。今回の谷は図 4 中の赤線部分であり、値は 34 である。この値を閾値として、汚れを検出するために図 3 (1) の画像に 2 値化処理を行う。行った結果画像が図 3 (2) の画像である。図 3 (2) の画像では、トイレの排水部分も検出している。そこで排水部分を除去するために輪郭抽出を行い、その領域内の面積を求めることで余分な部

分を除去する。今回撮影した画像は、幅 3280 ピクセル、高さ 2464 ピクセルの画像である。その中で排水部分は、幅、高さ 250 ピクセルのため、面積が 62500 ピクセル以上のものを除外する。また、面積が小さすぎるものも対象外としている。図 3 (3) に汚れのみを抽出した画像を示す。線で囲まれた部分が汚れとして検出された場所である。一部誤検出しているが汚れを抽出できている。

4. におい検出

トイレ内部のにおいをガスセンサで測定し、トイレで発生している気体を検出する。人の排泄物である尿や便に含まれるアンモニアや硫化水素が主な臭気物質として上げられる為、本研究で検出する気体をアンモニアと硫化水素とした。トイレがにおうかどうか判定するために環境省が定めている 6 段階臭気強度表示 [5] の値を用いた。これは、悪臭防止法における 22 の特定悪臭物質の基準値を設定する際の評価尺度として採用されているものである。6 段階臭気強度表示では臭気強度が 3 から、ほとんどの人が何のにおいか判定できるのでこの臭気強度が 3 以上の場合、におうと判定する。臭気強度と検出する悪臭物質の濃度関係を表 1 に示す。

表 1 臭気強度と検出する悪臭物質の濃度関係 (単位: ppm)

特定悪臭物質	臭気強度				
	1	2	3	4	5
アンモニア	0.1	0.6	2	10	40
硫化水素	0.0005	0.006	0.06	0.7	8

検出した気体がアンモニアの場合、2ppm 以上のならば発

生していることを示し、硫化水素の場合は 0.06ppm でその気体が発生していることを示す。2つの気体を検出するために、フィガロ技研株式会社の TGS826 [18] と、TGS2602 [19] のガスセンサを使用した。ガスセンサで検出できる気体を表 2 に示す。

表 2 各ガスセンサで検知できる気体

ガスセンサ	気体
TGS826	アンモニア, トリメチルアミン
TGS2602	エタノール, アンモニア, 硫化水素, トルエン

TGS826 で高濃度のアンモニアを検出し、TGS2602 で低濃度のアンモニアと硫化水素を検出する。

5. システム概要

図 5 にシステムの構成を示す。本研究は汚れ状況とおいをユーザーに示すシステムの為、自宅のトイレに設置することを想定している。ユーザーはトイレの汚れとおいを確認したい場合、Android 端末にあるボタンから撮影指示を送る。撮影指示を受信した Raspberry Pi は汚れ検出モジュールとおい検出モジュールを同時に行い、トイレの汚れとおいを検出する。検出が終わると、汚れ度表示モジュールで汚れ可視化画像と検出した気体を Android 端末に送り、ユーザートイレの状況を示す。

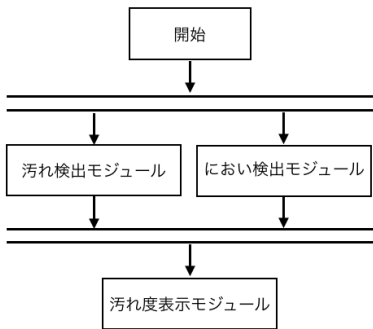


図 5 システム構成

システムの設置例を図 6 に示す。図 6 のように紫外線ライト [14] を便蓋上部、Raspberry Pi を便蓋下部に取り付けた。便座部分にはフィガロ技研株式会社の TGS826 [18] と、TGS2602 [19] のガスセンサを取り付けた。ガスセンサの取り付け位置によって便蓋が閉まらなくなってしまうため、どのタイプのトイレでも便蓋が閉められるような位置である便座の奥部分に取り付けた。紫外線ライトの点灯とガスセンサの制御には、Raspberry Pi に搭載された GPIO (General Purpose Input/Output) から制御を行っている。また Raspberry Pi には紫外線画像を撮影するために紫外線透過・可視光吸収フィルター [15] を付け、トイレ全体を映すために魚眼レンズを取り付けた。撮影のカメラには Raspberry Pi PiNoir カメラモジュール V2 [16]、魚眼レンズには Magnetic Super Fisheye Lens [17] を用いた。

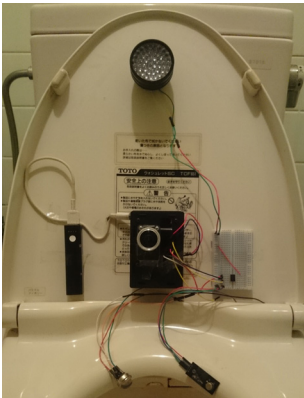


図 6 システム構成

5.1 汚れ検出モジュール

汚れ検出モジュールでは先述の汚れ検出を行い、汚れ抽出画像の作成を行う。

5.2 におい検出モジュール

におい検出モジュールでは、2つのガスセンサがそれぞれ取得した最大の抵抗値からおいを判定し、どの気体が発生しているかを検知する。

5.3 汚れ度表示モジュール

汚れ度表示モジュールでは、汚れ検出モジュールで検出した汚れ画像を用いて汚れ度を算出し、汚れ可視化画像を作成する。さらに、におい検出モジュールで検知した気体の臭気強度が 3 以上ならば発生している気体を表示する。汚れ度 DF は画像全体の面積 DO に対する、汚れ抽出画像の中で線で囲まれた部分の面積 DE の割合から算出した (1)。

$$DF = \frac{DE}{DO} * 100 \tag{1}$$

臭気強度の算出には、各種濃度のガス雰囲気中でのセンサ抵抗値を R_s 、洗浄大気中におけるセンサ抵抗値を R_o と置き、各ガスセンサのデータシート [18], [19] に記載されたセンサ抵抗比 $\frac{R_s}{R_o}$ からガスセンサの感度を求める。求めた値が表 1 の臭気強度 3 の値より大きければ発生している気体を表示する。図 7 にシステムの表示例を示す。

6. 評価

本論文では、汚れとおいの検出に関する評価を行うために、システムを 15 日間筆者自宅トイレに設置した。15 日間の間でトイレを 33 回使用しており、1 日平均 2.2 回使用した。また、使用した 33 回のうち小便を 29 回、大便を 4 回行った。

6.1 汚れ検出の評価

表 3 に汚れ検出を行った可視化画像と人間の目線の高さで撮影したトイレの画像 (以下通常画像) の一部を載せる。



図 7 システム表示例

通常画像からわかるように人間には見えていない汚れも検知できている。

図 8 に汚れ度の推移を示す。12 月 10 日は 0% とで、掃除がきれいに行われていることがわかる。通常画像を見ても汚れは見えないが、可視化画像では見えない汚れも検出しており全体的に汚れ度が上昇し、トイレの汚れが増えているのがわかる。

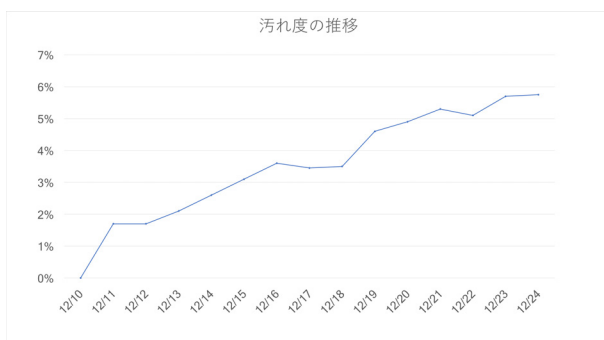


図 8 汚れ度の推移

6.2 におい検出の評価

におい検出で検出した抵抗値の推移を図 9 に示す。TGS826 のガスセンサは高濃度のアンモニアを検出するも

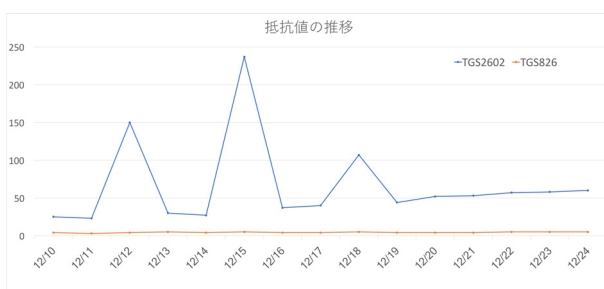


図 9 抵抗値の推移

のであるが、この評価期間ではセンサが反応しなかった。図 3 のグラフと同じように TGS2602 のセンサの値も上昇しており全体的にトイレが臭くなっていることがわかる。図 9 では突出している部分がある。これは人の便のにおいにガスセンサが反応しているためである。この事から低濃度用のセンサを 1 つだけ使うのではなく複数のセンサを組み合わせて検出をする必要がある。

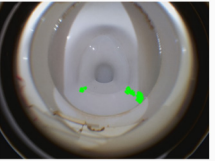
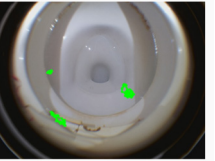
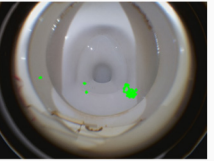
7. 考察・展望

本研究では紫外線ライトと紫外線透過・可視光吸収フィルターを用いて汚れを検出し、においセンサを用いてトイレのにおいの原因を検出するシステムについて述べた。本研究では、尿汚れだけでなく水垢汚れも検出することができたが、トイレ全体部分の汚れを検出することはできていない。そこで、今後は業務用で使われる紫外線カメラを用いることで汚れ検出の精度が向上に繋がると考える。また、においセンサで低濃度用のセンサを 1 つだけ用いるのではなく、複数用いることによってより正確に検出できるようにする。現在は一定期間取り付けて検出評価をしており、途中で掃除を行っていないため汚れ度が減少することはない。その為、掃除を行った場合に汚れ度がどれだけ減少するかを調査し、掃除を行った判定をできるようにする。

参考文献

- [1] 大王製紙株式会社 トイレ掃除に関する実態調査
<http://www.daio-paper.co.jp/news/2014/pdf/n260522.pdf>
- [2] 株式会社カウネット トイレ使用に関するモニター調査
<https://www.atpress.ne.jp/news/102361>
- [3] 株式会社 TOTO 「飲食店トイレについての意識調査」
<http://www.toto.co.jp/company/press/2013/12/pdf/20131202.pdf>
- [4] マイボイスコム株式会社 トイレ掃除に関するアンケート調査
<https://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/21806/index.html>
- [5] 臭気対策行政ガイドブック
<https://www.env.go.jp/air/akushu/guidebook/01.pdf>
- [6] E P Koster, Rene A de Wijk, Editor: David G. Laing, Richard L. Doty, Winrich Breipohl “The Human Sense of Smell”, Part 4 Olfactory Adaptation, pp 199-215, Springer Berlin Heidelberg, ISBN978-3-642-76223-9, 1991.
- [7] 株式会社 TOTO ウォシュレット出荷台数
<http://www.toto.co.jp/company/press/2015/09/pdf/20150901.pdf>
- [8] 一般社団法人日本レストルーム工業会 統計からみる温水便座の普及率
<http://www.sanitary-net.com/trend/spread.html>
- [9] 香月 良夫, 池田 毅, 山本 元司: “汚れ検出センサを搭載した壁面移動ロボットによる確実な窓ガラス清掃動作” 日本機械学会論文集 C 編 78(786), 557-567, 2012
- [10] 伊藤 良太, 桶谷 新也, 藤田 和弘: “布汚れの鮮鋭化画像処理”
http://imagelab.jp/cloth_stain_2016Mar/cloth/

表 3 汚れ検出経過

	1 日目	5 日目	10 日目	15 日目
通常画像				
システム画像	 2017/12/10 9:13 SHOOTING	 2017/12/15 9:10 SHOOTING 3.1% 硫化水素	 2017/12/20 9:16 SHOOTING 4.9% アンモニア	 2017/12/24 9:19 SHOOTING 5.75% アンモニア

cloth.html

- [11] 酒井 郁貴, 濱川 礼: "紫外線ライトを用いたトイレの尿汚れ可視化システム": 第 15 回 Entertainment Computing 2017
- [12] 玉城 絵美, 本山 理梨子, 西村 昭治: "体臭可視化ネックレス: 体臭教育のためのウェアラブルデバイス": 第 171 回 ヒューマンコンピュータインタラクション
- [13] 水川 貴紳, 田橋 正浩, 川島 信, 後藤 英雄: "ガスセンサーと Bluetooth モジュールを利用した排尿・排便検知器の開発": 2015 年度第 2 回研究会 ヘルスケア・医療情報通信技術研究会
- [14] 紫外線 LED NSPU510CS
<http://www.nichia.co.jp/specification/products/led/NSPU510CS.pdf>
- [15] HOYA CANDEO OPTRONICS 株式会社 紫外線透過・可視光吸収光学フィルター U-340
https://www.hoyacandeo.co.jp/japanese/products/eo_pdf/U340.pdf
- [16] Raspberry Pi カメラモジュール V2
<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>
- [17] マグネティック スーパー 魚眼レンズ for Raspberry Pi Camera - Magnetic Super Fisheye Lens
http://fado.vn/jp/dp/B0115XE4P2/ref=twister_dp_update?ie=UTF8&psc=1
- [18] フィガロ技研株式会社 TGS826
http://www.figaro.co.jp/product/docs/tgs826_productinfo_rev02.pdf
- [19] フィガロ技研株式会社 TGS2602
http://www.figaro.co.jp/product/docs/tgs2602_productinfo_rev03.pdf
- [20] 臭気物強度と特定悪臭物質の濃度関係
<http://www.city.gifu.lg.jp/secure/6588/kankei.pdf>